

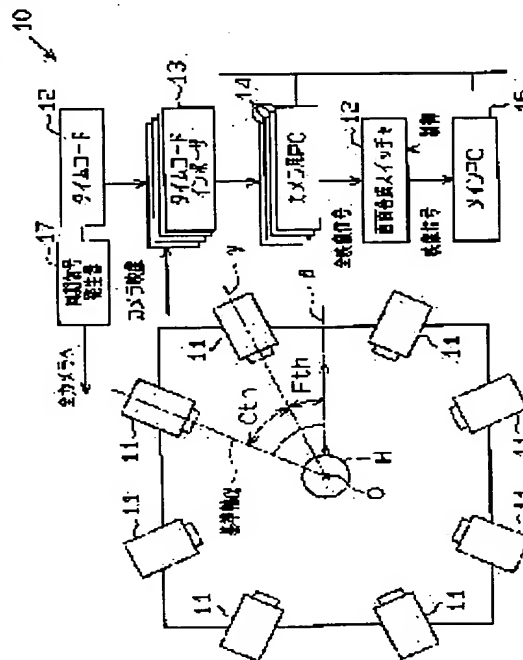
(11)Publication number : 2002-259989
(43)Date of publication of application : 13.09.2002

G06T 7/20
G06F 3/03
G06F 3/033
// G06F 3/00

(21)Application number : 2001-058570	(71)Applicant : GIFU PREFECTURE JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP HONGO HITOSHI YASUMOTO MAMORU YAMAMOTO KAZUHIKO
(22)Date of filing : 02.03.2001	(72)Inventor : WATANABE HIROMI HONGO HITOSHI YASUMOTO MAMORU YAMAMOTO KAZUHIKO

(57)Abstract:

SOLUTION: A detector 10 has a camera personal computer 14 for inputting image data from a video camera 11 arranged at a predetermined point around an examinee H, detecting a face region of the examinee H at each point and estimating a face direction at each point in accordance with the detected face region. A main personal computer 16 detects an absolute front face direction in accordance with the face direction estimated by the camera personal computer 14. The main personal computer 16 computes three-dimensional space positions of the centers of gravity of face and hand regions in the image data picked up by the video camera 11 at two points located on the side of the detected absolute front face direction and estimates a pointing direction in accordance with the three-dimensional space positions of the computed centers of gravity of the face and hand regions.



THIS PAGE BLANK (USP10)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-259989

(P2002-259989A)

(43) 公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード(参考)
G 0 6 T 7/20	3 0 0	G 0 6 T 7/20	3 0 0 A 5 B 0 6 8
G 0 6 F 3/03	3 8 0	G 0 6 F 3/03	3 8 0 R 5 B 0 8 7
3/033	3 1 0	3/033	3 1 0 Y 5 L 0 9 6
// G 0 6 F 3/00	6 8 0	3/00	6 8 0 C

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-58570(P2001-58570)

(22) 出願日 平成13年3月2日 (2001.3.2)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成12年9月1日
 社団法人電気学会発行の「平成12年電気学会 電子・情報・システム部門大会 講演論文集」に発表

(71) 出願人 391016842

岐阜県

岐阜県岐阜市蔵田南2丁目1番1号

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 501087386

本郷 仁志

岐阜県大垣市加賀野4丁目1番地の7 財

団法人 ソフトピアジャパン内

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣 (外1名)

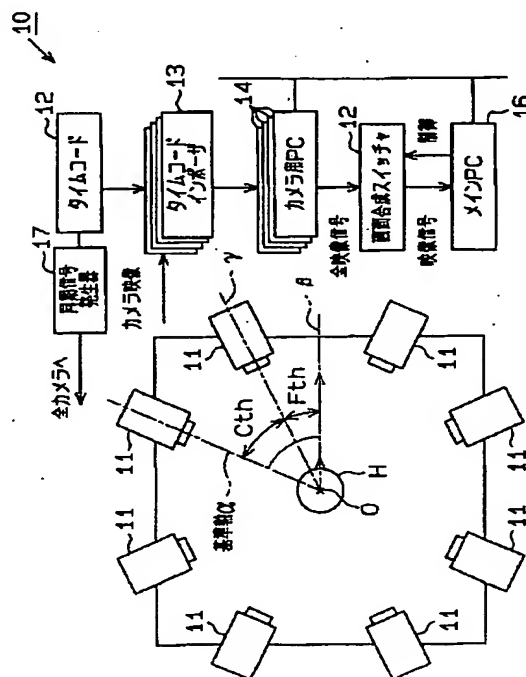
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポインティングジェスチャ検出方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】空間のどの方向をポインティングしてもポインティングジェスチャを検出できるポインティングジェスチャ検出方法及びその装置を提供する。

【解決手段】検出装置10は被験者Hの周囲の所定ポイントに配置したビデオカメラ11から画像データを入力し、各ポイントにおける被験者Hの顔領域検出を行い、検出した顔領域に基づいて各ポイントにおける顔向き推定を行うカメラ用パソコン14とを備える。メインパソコン16はカメラ用パソコン14が推定した顔向きに基づいて、正面顔の絶対顔方向を検出する。メインパソコン16は検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する2つのポイントからビデオカメラ11が撮像した画像データ中の、顔領域及び手領域の重心のそれぞれの3次元空間位置を算出し、算出した顔領域の重心と手領域の重心の3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被験者の周囲の所定ポイントから、被験者を撮像する撮像手段と、
撮像手段が撮像した画像データから、各ポイントにおける被験者の顔領域検出を行い、検出した顔領域に基づいて各ポイントにおける顔向き推定を行う顔向き推定手段と、

顔向き推定手段が推定した顔向きに基づいて、正面顔の絶対顔方向を検出する正面顔検出手段と、

正面顔検出手段が検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する少なくとも2つのポイントから撮像手段が撮像した画像データ中の、顔領域に属する第1の所定部位及び手領域に属する第2の所定部位のそれぞれの3次元空間位置を算出し、算出した第1の所定部位と第2の所定部位の3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定するポインティング方向推定手段を備えたポインティングジェスチャ検出装置。

【請求項 2】 第1の所定部位は、顔領域の重心である請求項 1 に記載のポインティングジェスチャ検出装置。

【請求項 3】 第1の所定部位は、顔領域内に位置する眼部領域の重心である請求項 1 に記載のポインティングジェスチャ検出装置。

【請求項 4】 第2の所定部位は、手領域の重心である請求項 1 乃至請求項 3 のうちいずれか 1 項に記載のポインティングジェスチャ検出装置。

【請求項 5】 第2の所定部位は、手領域の端点である請求項 1 乃至請求項 3 のうちいずれか 1 項に記載のポインティングジェスチャ検出装置。

【請求項 6】 被験者の周囲の所定ポイントから、被験者を撮像する行程と、

撮像した画像データから、各ポイントにおける被験者の顔領域検出を行い、検出した顔領域に基づいて各ポイントにおける顔向き推定を行う顔向き推定行程と、

顔向き推定した顔向きに基づいて、正面顔の絶対顔方向を検出する正面顔検出行程と、

正面顔検出行程において検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する少なくとも2つのポイントから撮像した画像データ中の、顔領域に属する第1の所定部位及び手領域に属する第2の所定部位のそれぞれの3次元空間位置を算出する行程と、

算出した第1の所定部位と第2の所定部位の3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定する行程を備えたポインティングジェスチャ検出方法。

【請求項 7】 第1の所定部位は、顔領域の重心である請求項 6 に記載のポインティングジェスチャ検出方法。

【請求項 8】 第1の所定部位は、顔領域内に位置する眼部の重心である請求項 6 に記載のポインティングジェスチャ検出方法。

【請求項 9】 第2の所定部位は、手領域の重心である請求項 6 乃至請求項 8 のうちいずれか 1 項に記載のポ

インティングジェスチャ検出装置。

【請求項 10】 第2の所定部位は、手領域の端点である請求項 6 乃至請求項 8 のうちいずれか 1 項に記載のポインティングジェスチャ検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、手の指示方向がどの方向であっても、その指示方向を検出できるポインティングジェスチャ検出方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、人物の視線や動作など、人間をセンシングして得られる情報と、物体センシングにより構築された周辺環境とから、その人の要望を察知し、その人の意図に適したサービスを提供することが提案されている。これらを実現するためには、人間とその周辺環境をセンシングし、その人が何を見て、どのような動作を行っているかを知ることが重要なこととなる。特に動作は、相手に意図を伝えるためには欠かせない情報の1つである。

【0003】動作には、頭や手、或いは体全体などを使った動作があるが、特に手の動作は、動作している人の意図を伝達することができる有効な手段である。手の動きによる日常的な動作の1つにポインティングジェスチャがあるが、これは人の関心領域を相手に伝えるためには欠かせない動作である。

【0004】すでにポインティングジェスチャを対象とした検出方法や装置は、例えば、「実空間強化とヒューマン・ロボットインタフェース-実空間にマークを投影する指さしポインタの拡張-」（第17回日本ロボット学会学術講演会、p p. 417-418, 1999）等により提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらはポインティング方向が限定されているため、その限定された領域内のオブジェクトしか扱うことができない問題がある。

【0006】本発明は上記問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、空間をどの方向をポインティング（指さし）してもポインティングジェスチャを検出できるポインティングジェスチャ検出方法及びその装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するため、請求項 1 記載の発明は、被験者の周囲の所定ポイントから、被験者を撮像する撮像手段と、撮像手段が撮像した画像データから、各ポイントにおける被験者の顔領域検出を行い、検出した顔領域に基づいて各ポイントにおける顔向き推定を行う顔向き推定手段と、顔向き推定手段が推定した顔向きに基づいて、正面顔の絶対顔方向

を検出する正面顔検出手段と、正面顔検出手段が検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する少なくとも2つのポイントから撮像手段が撮像した画像データ中の、顔領域に属する第1の所定部位及び手領域に属する第2の所定部位のそれぞれの3次元空間位置を算出し、算出した第1の所定部位と第2の所定部位の3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定するポインティング方向推定手段を備えたポインティングジェスチャ検出装置を要旨とするものである。

【0008】請求項2の発明は、請求項1において、第1の所定部位は、顔領域の重心であることを特徴とする。請求項3の発明は、請求項1において、第1の所定部位は、顔領域内に位置する眼部の重心であることを特徴とする。

【0009】請求項4の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれか1項において、第2の所定部位は、手領域の重心であることを。請求項5の発明は、請求項1乃至請求項3のうちいずれか1項において、第2の所定部位は、手領域の端点であることを特徴とする。

【0010】請求項6の発明は、被験者の周囲の所定ポイントから、被験者を撮像する行程と、撮像した画像データから、各ポイントにおける被験者の顔領域検出を行い、検出した顔領域に基づいて各ポイントにおける顔向き推定を行う顔向き推定行程と、顔向き推定した顔向きに基づいて、正面顔の絶対顔方向を検出する正面顔検出行程と、正面顔検出行程において検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する少なくとも2つのポイントから撮像した画像データ中の、顔領域に属する第1の所定部位及び手領域に属する第2の所定部位のそれぞれの3次元空間位置を算出する行程と、算出した第1の所定部位と第2の所定部位の3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定する行程を備えたポインティングジェスチャ検出方法を要旨とするものである。

【0011】請求項7の発明は、請求項6において、第1の所定部位は、顔領域の重心であることを特徴とする。請求項8の発明は、請求項6において、第1の所定部位は、顔領域内に位置する眼部領域の重心であることを特徴とする。

【0012】なお、本明細書では、眼部領域の重心とは、人の顔にある一対の眼部のうちいずれか一方の眼部領域の重心や、両眼部領域を総合した場合の重心も含む趣旨である。

【0013】請求項9の発明は、請求項6乃至請求項8のうちいずれか1項において、第2の所定部位は、手領域の重心であることを特徴とする。請求項10の発明は、請求項6乃至請求項8のうちいずれか1項において、第2の所定部位は、手領域の端点であることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明のポインティングジ

ェスチャ検出装置（以下、検出装置という）を具体化した一実施の形態を図1～図10を参照して説明する。

【0015】検出装置10は、複数台のビデオカメラ（3CCDカメラ）11、タイムコード発生器12、タイムコードインボザ13、カメラ用パソコン14、画面合成スイッチ15、メインパソコン16、同期信号発生器17等を備えている。カメラ用パソコン14、メインパソコン16はそれぞれ図示しないキーボード等の入力手段を備えており、作業者が種々の操作信号を入力可能にされている。従って、各パソコン14、16は入力したその操作信号に応じて、各パソコンが備えている記憶装置（図示しない）に予め格納したポインティングジェスチャ検出のためのプログラムを実行する。又、このプログラムは、その時々において、作業者に必要な操作信号の入力を図示しないディスプレイ上において促し、その操作信号の入力があると、フローチャートにおける各ステップを実行するようにされている。

【0016】本実施形態では、室内空間において、ビデオカメラ11は8台用意されている。ビデオカメラ11は互いに同一高さに位置するように、かつ、光軸が床面と水平になるように設置されている。そして、各ビデオカメラ11は予め定めた室内中心Oに対してその光軸を向けるように等角度間隔（本実施形態では45度間隔）で放射状に配置されている。なお、図1では、被験者Hが室内中心Oに位置しているが、被験者Hは、必ずしも、室内中心Oに位置する必要はない。本実施形態では、室内中心Oの高さは、ビデオカメラ11の取付高さの位置と同一としている。又、本実施形態では、被験者Hである人物の腰から上、すなわち、顔及び任意に延ばした手が位置する空間域を撮像可能に各ビデオカメラ11を配置している。

【0017】なお、室内空間の照明は適度な画像データが得られる図示しない蛍光灯を使用している。各ビデオカメラ11には、同期信号発生器17から共通の外部同期信号（ゲンロック（GEN LOCK）信号）が供給されている。このことにより、デジタル化されたフレームにおいて、完全に同期した画像データが得られる。各ビデオカメラ11毎に複数のタイムコードインボザ13がそれぞれ接続されている。

【0018】タイムコード発生器（LTC（logitudinal time code）ジェネレータ）12は、タイムコードを生成して各タイムコードインボザ13に出力し、各タイムコードインボザ13はそのタイムコードをVITC（vertical interval time code）に変換した後、各ビデオカメラ11が撮像したビデオ信号の垂直ブランク領域に書き込む。このように各ビデオカメラ11のビデオ信号にタイムコードを書き込むことで、全てのビデオカメラ11で撮影された個々のフレーム（画像データ）の撮影時刻の特定が可能になっている。

【0019】各タイムコードインボザ13毎に複数の

カメラ用パソコン14がそれぞれ接続されている。カメラ用パソコン14は、ビデオレートのカラー画像(640×480)を入力するようになっている。

【0020】カメラ用パソコン14に入力された画像は、画面合成スイッチ15を介してメインパソコン16に入力される。メインパソコン16は、画面合成スイッチ15を制御することにより、カメラ用パソコン14からの入力画像を切り替えることが可能である。

【0021】なお、メインパソコン16は、各カメラ用パソコン14との通信をイーサネット(登録商標)を介したソケット通信で行うようにし、画面合成スイッチ15に対しては図示しないSIO(シリアル入出力装置)で制御するようにしている。

【0022】(作用)以下、本実施形態の検出装置10の作用について説明する。まず、検出装置10が行うポインティングジェスチャ検出の概要を説明する。

【0023】各ビデオカメラ11は、被験者Hがポインティングジェスチャをしている状態を撮像し、タイムコードインボーザ13を介して各カメラ用パソコン14に入力する。メインパソコン16からの要求信号に基づいて、各カメラ用パソコン14はビデオカメラ11からの画像のキャプチャを行い、続いて肌色領域抽出を行い、顔向き推定を行い、顔向き推定結果をメインパソコン16に送信する。メインパソコン16は、カメラ用パソコン14から入力した顔向き推定結果に基づいて顔向きを統合判定し、画面合成スイッチ15を制御して、2台のビデオカメラ11を選択し、得られたカメラ画像からそれぞれの手・顔領域を検出する。そして、検出されたそれぞれの手・顔領域の重心位置から、空間内における手・顔領域の三次元位置を算出し、2点間を結んだ直線方向をポインティング方向とする。

【0024】以下、図2のフローチャートを参照して詳細に説明する。

(顔領域抽出)各カメラ用パソコン14は、ビデオカメラ11からのフレーム(画像データ、例えば図8

(a)、(b)参照)をキャプチャした後(ステップ1参照、以下ステップをSという。)、顔領域抽出を行う。顔領域抽出は、色情報を用いた公知の肌色基準値による手法を用いている。本実施形態では、均等知覚色空間の1つであるLUV表色系を用いている。

【0025】まず、入力された画像データから、画像の全領域に亘り、U、V座標値による2次元色ヒストグラムを求め、予め定めた肌色有効範囲内のピーク値(度数が最大の値)を肌色基準値とする。その基準値からの色差に対して公知の判別分析法を適用して閾値を決定し、その閾値に基づいて肌色領域とその他の領域に2値化する。本実施形態では、被験者Hが一人の場合を想定しているため、複数の肌色領域が検出された場合には、各カメラ用パソコン14は最大領域を顔領域と判定する(S2)。すなわち、抽出された複数の肌色領域にて、画素

数(面積)を求め、最大面積 S_{max} の領域を顔領域とする。

【0026】(顔向き推定)次に、S3において、各カメラ用パソコン14は対応するビデオカメラ11から得た画像データに基づいて顔向き推定を行う。

【0027】本実施形態では、顔向き推定は、4方向面特徴抽出した結果を線形判別分析により、顔向きの判別空間を作成する方法で行っている。4方向面特徴抽出では、画像データの濃淡値の勾配により各画素での4方向(縦、横、右斜め45度、左斜め45度)のベクトル場を求め、方向別に分割したエッジ画像を得る。得られたエッジ画像は方向性を持った濃淡画像となる。

【0028】具体的には、S2において入力した画像データからPrewittオペレータを用いて、微分フィルタとしてのプレヴィットフィルタ処理を行い、水平(横)、垂直(縦)、右上がり45度(右斜め45度)、右下がり45度(左斜め45度)の4方向のそれぞれのエッジ画像を生成する。これらのエッジ画像を、以下、方向面という。次に、これらの4方向面のそれぞれの画像を顔領域で正規化し、8×8に低解像度化して、各方向面の画素の濃淡値を特徴量(以下、特徴ベクトルという。)として抽出する。

【0029】この特徴量は4つの方向面に分けてから解像度を低くしているため、入力画像の解像度を直接低くする場合よりも、高解像度でエッジ情報が保持される。その結果、位置ずれや、形状変化の影響を受けにくく、かつ計算コストを削減して処理の高速化が可能となる。

【0030】次に、各カメラ用パソコン14は線形判別分析を行う。なお、線形判別分析は、抽出された特徴量(特徴ベクトル: x_i)が、どのクラスに属するかを判別するためのものであり、クラス内の分散が小さく、各クラスの平均特徴ベクトルが互いに離れるような判別空間を構成すると高い判別力が得られる。図3は判別分析に係るクラスを示した概念図である。

【0031】本実施形態では、予め、学習データに基づいた係数行列Aが各カメラ用パソコン14の記憶装置(図示しない)に記憶されている。なお、学習データは、台数以外は同じ撮影条件の元で、ビデオカメラにより、複数の被験者Hである人物を撮像して得た画像データに基づいたデータである。すなわち、光軸を室内中心Oに向けるように等角度間隔(本実施形態では22.5度間隔)で放射状に配置された16台のビデオカメラにより、16方向から得た画像データを得て、上記と同様に顔領域抽出と、同顔領域における4方向面特徴抽出を行い、特徴ベクトル x を求める。

【0032】 $x = \{x_1, x_2, \dots, x_{256}\}$

なお、16台のビデオカメラの配置は、図1に示す各ビデオカメラ11の間に1台ずつ等角度となるようにさらに8台配置したものである。

【0033】なお、16台のビデオカメラを使用する代

わりに、例えば、基準軸 α 上に位置する1台のビデオカメラを使用して、被験者Hが室内中心Oを中心に等角度毎に回転するたびに撮像し、そのときの画像データを学習用データに使用しても良い。

【0034】この特徴ベクトル x から判別空間の特徴ベクトル $y (=Ax)$ へ線形写像する係数行列 A が求められており、かつ各クラス（本実施形態では学習データを取り込むときに使用した22.5度間隔に配置したビデオカメラに応じた16のクラス）が生成され、クラスの平均特徴ベクトル y_j が算出されている。そして、前記

係数行列 A と、各クラスの平均特徴ベクトル y_j のデータが、予め各カメラ用パソコン14の記憶装置に格納されている。

【0035】なお、本実施形態では、クラス番号 j は、0、22.5、45、67.5、90、112.5、135、157.5、180、-157.5、-135、-112.5、-90、-67.5、-45、-22.5の等差となる16の値である。各クラス番号（数値）はカメラ用パソコン14に係るビデオカメラ11の光軸（カメラ方向）に対する相対顔方向とのなす角度 F_{th} と一致する。図5は被験者Hを中心に22.5度間隔で16方向に配置したビデオカメラの配置を示し、各カメラから被験者Hを撮像した場合の、各カメラから得られる画像データに対するクラス付与の内容を示している。同図において、例えば-22.5が付与されたカメラから被験者Hを撮像した画像データには、クラス-22.5が付与される。本実施形態では、相対顔方向に係るクラス番号0度が、正面顔を撮像した場合としている。なお、「-」は、図1において、当該ビデオカメラ11の光軸から反時計回り方向の角度を示す。

【0036】そして、未知データの識別を行う線形判別分析では、前記係数行列 A に基づいて、未知データから抽出した4方向面特徴に掛かる特徴ベクトル x_i を写像変換し、特徴ベクトル $y_i (=Ax_i)$ を生成する。次に、生成された特徴ベクトル y_i と、各クラスの平均特徴ベクトル y_j とのユークリッド距離の2乗である距離（以下、2乗距離という） D_{ij} を演算し、2乗距離 D_{ij} が最小値となるクラスを決定することにより、パターン認識を行う（図4参照）。なお、図4中の D_j は、 i が省略されており、本明細書中では、 D_{ij} に相当する。

【0037】 $D_{ij} = |y_i - y_j|^2 \quad \dots (1)$

この2乗距離 D_{ij} が最小となるクラスを決定することにより、各カメラ用パソコン14において、どの方向に顔が向いているか（どのクラスに所属するか）が判別（推定）される。この結果、各カメラ用パソコン14において、顔向き推定で得られた、カメラ方向（ビデオカメラ11の光軸 γ が向く方向、図1参照）と相対顔方向とのなす角度 F_{th} が求まる。すなわち、各クラスには、各ビデオカメラ11毎にカメラ方向に対する相対顔方向とのなす角度が予め付与されて前記記憶装置に格納されてお

り、どのクラスに所属するかが推定されると、カメラ方向に対する相対顔方向とのなす角度 F_{th} が決定される。

【0038】前記算出された各クラスの2乗距離 D_{ij} はメインパソコン16に出力される。なお、ここまで説明したクラスは、相対顔方向を示すクラスのことである。

（正面顔検出）次のS4～S6の概要を説明すると、メインパソコン16が被験者Hが手の指で指し示したポインティング方向を検出するため、被験者Hの顔向きを検出する。すなわち、複数のビデオカメラ11から得られた画像データを基にして、それぞれの顔向き推定結果を統合することにより、正面顔を検出する。

【0039】まず、S4では、クラス番号の統一を行う。この処理を行う理由は下記の通りである。すなわち、各カメラ用パソコン14におけるクラスは、当該カメラ用パソコン14が入力するビデオカメラ11の設置角度（室内中心Oを基準とした場合の絶対座標を基準とした角度）を考慮して割り振られたものではない。このため、各カメラ用パソコン14から入力された各クラスの2乗距離において、相対顔方向のクラスは絶対顔方向のクラスに変換する必要がある。

【0040】従って、この処理は、各カメラ用パソコン14が持っているクラス j は、予めビデオカメラ11の取り付けられている角度（基準軸 α に対する当該ビデオカメラ11の光軸とのなす角度）を考慮して割り振りしていないための処理である。

【0041】図6は、各ビデオカメラ11（すなわち、各カメラ用パソコン14）に係るクラス j の相対角度を一覧表化した図であり、縦欄はビデオカメラの番号を示し、横欄は各カメラに係るクラス j を示している。なお、横欄の1～16は、便宜上の欄番号である。図中、カメラ1は基準軸 α に位置するビデオカメラ11（図1参照）を意味しており、以下時計回り方向順に2以降の番号を付与している。そして、カメラ1に対して被験者Hが正面向きの場合、カメラ1では第1欄のクラスは0度のものを意味しているが、カメラ2（カメラ1から時計回り方向に45度位置したカメラ）では第1欄のクラスでは-45度のものを意味している。以下、同様に各欄の数値を示している。

【0042】従って、本処理は各カメラ用パソコン14が持っているクラス j を室内座標系 θ の角度に対応付けするための処理である。すなわち、S4では、メインパソコン16は、各カメラ用パソコン14において前述の顔向き推定で得られたカメラ方向に対する相対顔方向の角度 F_{th} （＝相対顔方向のクラス番号）を下記（3）式により室内座標系 θ （すなわち、絶対座標系）に変換し、絶対顔方向（被験者Hの顔が向いている方向と基準軸 α とのなす角度）とする。

【0043】 $\theta = F_{th} + P_{th} + C_{th} \quad \dots (3)$

なお、 C_{th} は基準軸 α （絶対角度を0度とする。）とカメラ方向とのなす角度、 P_{th} はビデオカメラ11から見

た室内中心Oと被験者H位置がなす角度である。なお、本実施形態では、被験者Hは常に室内中心Oに存在するものとしており、多少の誤差があってもPthの値は無視できるため、Pthは0としている。

【0044】上記のように各ビデオカメラ11における絶対顔方向のクラスを絶対顔方向のクラスに変換する。次に、S5においては、絶対顔方向別（すなわちクラスj別、なお、ここでのクラスjはS4において、室内座標系θの角度に対応付け後のもの（絶対顔方向に係るクラス）である。以下、同じ）に下記の評価式（2）にて評価のための演算を行う。

【0045】なお、評価式は（2）に限定するものではなく、2乗距離が小さいほど評価値が大きくなるような式であれば良い。

【0046】

【数1】

$$F(j) = \sum_{m=1}^8 \frac{1}{D_j^{(m)} + 1} \quad \dots\dots (2)$$

（2）式中、mは前記配置したビデオカメラ11の番号であり、1～8の値である。（m）を付したDは、その番号が付与されたビデオカメラ11が撮像した画像データに関する2乗距離を示す。なお、肌色領域が検出されたなかった方向は、2乗距離を無限大とし、評価値が0となるようにしている。なお、手等によるオクルージョン（遮蔽）が発生した場合であっても、統合結果を用いているため、顔方向の推定は可能である。

【0047】続く、S6では、前記評価式（2）で演算した結果（顔向き評価値）の中から、最大値となるクラスj（絶対顔方向に係るクラスj）に係るものを統合結果として、正面顔を決定する。すなわち、最大値となるクラスjが属する絶対顔方向が被験者Hが正面を向いている方向であるとするのである。

【0048】（ポインティング方向推定）続く、S7～S9は、ポインティング方向推定の処理である。ポインティング方向推定は、顔と手の空間位置を求め、その2点間を結んだ延長線上をポインティング方向と推定するものである。

【0049】（カメラ選択）まずS7では、S6で正面顔を決定した結果を利用して、被験者Hの正面顔を撮像したビデオカメラ11を特定する。すなわち、絶対顔方向において、S6で決定されたクラスj（絶対顔方向に係るクラスj）に対応した位置に位置するビデオカメラ11を決定する。図7には、正面顔を捉えたビデオカメラ11の光軸を中心に±22.5度の範囲を斜線領域で示している。

【0050】次に、この正面顔を捉えたビデオカメラ11を挟んで隣接する2台のビデオカメラ（図7では、カメラ1、3）を選択し、画面合成スイッチ15を介し

て、選択したビデオカメラ11のカメラ用パソコンから画像データをメインパソコン16に入力する。本実施形態では、320×240の解像度の画像データである。なお、画像データは、YIQのカラー画像表色系で入力されている。

【0051】なお、本実施形態では、正面顔を捉えたビデオカメラ11を挟んで隣接する2台のビデオカメラを選択する理由は、ステレオカメラを構成するためである。なお、正面顔を捉えたビデオカメラ11をステレオカメラとして使用しない理由は、手によるオクルージョンが発生する場合がありますため、これを回避するためである。

【0052】（手・顔領域抽出）次に、S8では、得られた各画像データについて、肌色基準値を再算出し、肌色領域を抽出する。抽出された肌色領域のうち、最大領域を顔領域とし、次に大きい領域を手領域と判定する。なお、この判定は、ビデオカメラ11の撮像位置の関係で、顔領域が、手領域よりも必ず大きくなる場合の判定の仕方である。

20 【0053】なお、撮像位置の関係で、得られた顔領域が手領域より小さくなる場合は、位置情報を用いて決定しても良い。この位置情報の利用の仕方について説明する。

【0054】図7に示すように、選択された2台のビデオカメラ11（図中では、カメラ1、3）は、その光軸が直交するようにして配置されている。このため、正面顔を捉えたビデオカメラ11から室内中心Oを見て、右に位置するビデオカメラ（図では、カメラ1）の撮像した画像データ（図8（b）及び図9（b）参照）では、手領域は顔領域の左側に位置する。又、左に位置するビデオカメラ11（図では、カメラ3）の撮像した画像データ（図8（a）及び図9（a）参照）では、手領域は顔領域の右側に位置する。この左右位置の判定で、顔領域と手領域の判定ができる。なお、説明の便宜上、右に位置するビデオカメラ11を右カメラ、左に位置するビデオカメラ11を左カメラ、正面顔を捉えているビデオカメラ11を中央カメラということがある。

30 【0055】（ステレオマッチング）次のS9では、2台のビデオカメラ11から得られた手領域、及び顔領域の画素数からそれぞれの重心位置（ X_h , Y_h ）,（ X_r , Y_r ）を求め、それぞれの重心位置を公知のステレオマッチング法を使用することにより、顔領域及び手領域の3次元空間位置（ x_h , y_h , z_h ）,（ x_r , y_r , z_r ）を算出する。顔領域及び手領域に係る重心の3次元空間（実空間ということがある。）位置をそれぞれ顔位置及び手位置という。

40 【0056】なお、高さ方向の位置の算出に関しては、顔領域が大きい画像の位置情報を基に算出する。顔領域の重心に係る空間位置の求め方、すなわち、顔位置の求め方については、同様であるので説明を省略する。

【0057】(ポインティング方向の決定) S10では、前記のように算出された3次元空間位置である顔位置を始点として手位置を通る直線Lを得る。この直線L上に延びる方向がポインティング方向として得られる。

【0058】上記実施の形態によれば、以下(1)～(4)に示す効果を有する。

(1) 本実施形態の検出装置10では、被験者Hの周囲の等角度間隔に配置した位置(所定ポイント)から、被験者Hを撮像するビデオカメラ11(撮像手段)と、ビデオカメラ11が撮像した画像データから、各ポイントにおける被験者Hの顔領域検出を行い、検出した顔領域に基づいて各ポイントにおける顔向き推定を行うカメラ用パソコン14(顔向き推定手段)とを備えた。又、検出装置10は正面顔検出手段としてのメインパソコン16が、カメラ用パソコン14が推定した顔向きに基づいて、正面顔の絶対顔方向を検出するようにした。又、メインパソコン16はポインティング方向推定手段として、検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する少なくとも2つのポイントからビデオカメラ11が撮像した画像データ中の、顔領域の重心(第1の所定部位)及び手領域の重心(第2の所定部位)のそれぞれの3次元空間位置を算出し、算出した顔領域の重心と手領域の重心の3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定するようにした。

【0059】この結果、いずれの方向を被験者Hが手で指し示した場合においても、的確にその指し示した方向を検出することができる。

(2) 本実施形態では、第1の所定部位は、顔領域の重心とした。この結果、顔領域の重心の座標を算出することにより、請求項1の作用を実現することができる。

【0060】(3) 本実施形態では、第2の所定部位は、手領域の重心とした。この結果、手領域の重心の座標を算出することにより、請求項1の作用を実現することができる。

【0061】(4) 本実施形態のポインティングジェスチャ検出方法では、被験者Hの周囲において、等角度間隔に配置した位置(所定ポイント)から、ビデオカメラ11を使用して被験者Hを撮像し、撮像した画像データから、各撮像した位置における被験者Hの顔領域検出を行い、検出した顔領域に基づいて前記各位置における顔向き推定を行う顔向き推定を行うようにした。そして、顔向き推定した顔向きに基づいて、正面顔の絶対顔方向を検出し、検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する2つのポイントから撮像した画像データ中の、顔領域の重心(第1の所定部位)及び手領域の重心(第2の所定部位)のそれぞれの3次元空間位置を算出するようにした。さらに、算出した顔領域の重心と手領域の重心の3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定するようにした。

【0062】この結果、上記(1)と同様の効果を奏す

ることができる。

(5) 本実施形態における検出方法では、第1の所定部位は、顔領域の重心とした。この結果、上記(2)と同様の効果を奏する。

【0063】(6) 本実施形態における検出方法では、第2の所定部位は、手領域の重心とした。この結果、上記(3)と同様の効果を奏する。

(第2実施形態)次に第2実施形態を特に図10～図14を参照して説明する。

【0064】なお、本実施形態において、第1実施形態と異なるところを中心にして説明し、第1実施形態と同一構成については同一符号を付して説明する。又、同じ構成、作用の説明については、第1実施形態の説明及び図面を参照されたい。

【0065】本実施形態では、ハード構成は、同じであり、作用において異なっている。なお、図10のフローチャートにおいて、S1～S6までは第1実施形態と同様であるため、説明を省略する。又、本実施形態では、被験者Hは室内空間にある対象物Tをポインティングしているものとする。

【0066】(ポインティング方向推定) S11～S14は、ポインティング方向推定の処理である。ポインティング方向推定は、顔と手の空間位置を求め、その2点間を結んだ延長線をポインティング方向と推定するものである。

【0067】このポインティング方向推定において第1実施形態では、2台のビデオカメラ11の画像データを使用した。本実施形態においては、3台のビデオカメラ11の画像データを使用するところが異なっている。又、第1実施形態では、顔領域と手領域の重心位置を求め、ステレオマッチングにより、顔位置と手位置の3次元空間位置に変換して、両位置間を結ぶ直線を求めた。それに対して、本実施形態では顔領域における眼部領域の重心と、手領域の指先位置の3次元空間位置をそれぞれステレオマッチングにて求めて、ポインティング方向推定を行うところが異なっている。

【0068】(カメラ選択) 以下、詳細に説明する。まず、S11では、第1実施形態と同様にS6で正面顔を決定した結果を利用して、被験者Hの正面顔を撮像したビデオカメラ11を特定する。次に、この正面顔を捉えたビデオカメラ11を挟んで隣接する2台のビデオカメラ(図7では、カメラ1、3)と正面顔を捉えたビデオカメラ(図7では、カメラ2)を選択し、画面合成スイッチ15を介して、選択したビデオカメラ11のカメラ用パソコンから画像データをメインパソコン16に入力する。本実施形態では、320×240の解像度の画像データである。なお、画像データは、YIQのカラー画像表色系で入力されている。

【0069】本実施形態においても、正面顔を捉えたビデオカメラ11を挟んで隣接する2台のビデオカメラも

10

20

30

40

50

選択する理由は、正面顔を捉えたビデオカメラ11の場合、手によるオクルージョンが発生する場合もあり得るため、これを回避するためである。

【0070】(眼部、指先の抽出) S12において、眼部領域の抽出には、画像データ中のYIQ基底のY成分(輝度成分)を用いる。本実施形態では、被験者Hが右利きの者を想定しており、右カメラ(図7においては、カメラ1)で撮像した画像データより顔領域を抽出する。なお、右利きの場合には、右カメラの画像データを使用するのは、被験者Hが右利きであると、ポインティングジェスチャにより手による顔領域に対するオクルージョンが発生しないからである。従って、被験者Hが左利きの場合には、左カメラの画像データを使用する。

【0071】次に、メインパソコン16は、抽出した顔領域の中でY成分(輝度成分)の値が低い領域を抽出する。抽出された領域中には、眼部領域、眉領域、鼻孔領域等があるが、それぞれの位置関係(上下関係)は既知であるため、この関係から、眼部領域を特定する。なお、眼部には、右目及び左目があるが、被験者Hの利き目条件が予め記憶装置に格納されており、その条件に基づいて利き目の眼部領域を特定する。

【0072】なお、メインパソコン16の入力装置を介して、いずれかの眼部領域を特定するようにしても良い。そして、眼部領域の重心計算を行い、この重心位置を目位置とする。

【0073】次に、指先位置の抽出は、左カメラ(図7においては、カメラ3)で撮像した画像データに基づいて*

＊で行う。すなわち、中央カメラ(図7においては、カメラ2)に対して-22.5度以上、22.5度未満では、指先は手領域の端点となることから、左カメラの画像データに基づいて手領域を抽出し、手領域の重心位置を求める。そして、手領域の重心位置から、最も離間した点を端点として、すなわち指先位置として抽出する。

【0074】(ステレオマッチング及び眼部・指先の対応点の探索)次に、S13では、公知のステレオマッチング法を用いて、眼部位置、及び指先位置の3次元空間位置を算出する。

【0075】次に、目位置、指先位置がそれぞれ1つの画像上で既知であるため、他の画像上での対応点を公知のエピポーラ線上に沿って探索する。目位置の対応点は中央カメラ画像(図7においては、カメラ2から得た画像データ)、左カメラ画像(図7においては、カメラ3から得た画像データ)より求める。右カメラ画像(図7においては、カメラ1から画像データ)より求められた特徴点に対して $(2m+1) \times (2n+1)$ のウィンドウを設定し、中央カメラ画像、左カメラ画像のそれぞれのエピポーラ線上の各点を中心とするウィンドウとの類似度をはかる。ここでは、類似度を評価するために、YIQ基底のY成分を用いて相関の強さを求めた。

【0076】2つのカメラ画像より得られたそれぞれの点のカメラ座標を $m_1(u_1, v_1)$ 、 $m_2(u_2, v_2)$ とすると、相関値Sは次のようになる。

【0077】

【数2】

$$S(m_1, m_2) = \frac{\sum_{i=-m}^m \sum_{j=-n}^n Y_1(i, j) Y_2(i, j)}{(2m+1)(2n+1) \sqrt{\sigma^2(Y_1) \sigma^2(Y_2)}}$$

ここで、

【0078】

【数3】

$$Y'_1(i, j) = Y_1(u_1 + i, v_1 + j) - \overline{Y_1(u_1, v_1)}$$

【0079】

【数4】

$$Y'_2(i, j) = Y_2(u_2 + i, v_2 + j) - \overline{Y_2(u_2, v_2)}$$

である。

【0080】ただし、

【0081】

【数5】

$$\overline{Y_k(u, v)}$$

は点 (u, v) を中心とするウィンドウの Y_k ($k=1, 2$)の平均値であり、 $\sigma(Y_k)$ はその標準偏差である。対応点は、中央カメラ画像に対する相関値と左カ

メラ画像に対する相関値をそれぞれ求め、2つの値のうち大きい値を取るカメラ画像上の点として決定する。

【0082】図11(a)には右カメラ画像で求められた目位置I1を、図11(b)には中央カメラ画像において、その点I1に対するエピポーラ線Eと最も相関の高かった点、すなわち、目位置の対応点I2を示す。

【0083】次に指先の対応点は、右カメラ画像より求める。指先位置の場合は、肌色領域の端点としているため、右カメラ画像におけるエピポーラ線を左側から探索し、最初に現れた肌色領域の点を対応点とする。図12(a)に左カメラ画像で求められた指先位置U1を、図12(b)には右カメラ画像上において、その点に対応するエピポーラ線Eと肌色領域の端点U2を示す。そして、3次元空間位置は、得られたそれぞれのカメラ画像における座標位置を前記(4)式に適用することにより算出して求める。

【0084】(ポインティング方向の決定)次のS14では、ポインティング方向の決定(推定)処理を行う。

図13及び図14はポインティング方向推定に用いるxyz座標系(室内座標系、すなわち、絶対座標系としている。)を示している。なお、x軸、y軸、z軸は、室内中心Oを0点(各軸の交点)とし、互いに直交した方向に延びている。そして、x軸、y軸を含む平面上に前記ビデオカメラ11の光軸が位置しているものとする。本実施形態では、室内中心Oは、ビデオカメラ11の取付高さの位置としている。又、図13、図14において、ビデオカメラ11は室内中心Oに対するその取付け位置の方向性を明確にするために図示したものであり、絶対的な位置を示しているものではない。

【0085】S13で求めた眼部、及び指先の3次元空間位置をそれぞれ M_1 、 M_2 とすると、ポインティング方向はy軸と線分 M_1M_2 がなす角度 $\phi 1$ (図13参照)、及びx軸、y軸を含む平面と線分 M_1M_2 がなす角度 $\phi 2$ (図14参照)を求める。図13中、y1はy軸と平行な線である。

【0086】なお、被験者Hは空間内を自由に動けるため、 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ の値は同じ対象物Tをポインティングしても一意には定まらず、方向推定精度を求めるような場合には有効ではない。そのため、本実施形態では、既知の周辺環境条件から、室内中心Oと、対象物Tの空間位置座標を予めメインパソコン16の図示しない記憶装置に格納している。そして、この室内中心Oと対象物Tの空間位置座標とに基づいて、室内中心Oを中心とし距離OTである円弧と、線分 M_1M_2 を延長した直線の交点T'を求める。そして、y軸と線分OT'のなす角度 $\theta 1$ 及び図14に示すようにx軸、y軸を含む平面と線分OT'のなす角度 $\theta 2$ がポインティング方向であると決定する。

【0087】上記実施の形態によれば、以下(1)～(6)に示す効果を有する。

(1) 本実施形態の検出装置10では、第1実施形態と同様に、撮像手段としてビデオカメラ11と、顔向き推定手段として各ポイントにおける顔向き推定を行うカメラ用パソコン14と、正面顔検出手段としてメインパソコン16を備えるようにした。

【0088】さらに、検出装置10のメインパソコン16はポインティング方向推定手段として、検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する3つのポイントからビデオカメラ11が撮像した画像データ中の顔領域に属する眼部領域の重心(第1の所定部位)及び手領域の端点(第2の所定部位)のそれぞれの3次元空間位置を算出し、算出した3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定するようにした。

【0089】その結果、いずれの方向を被験者Hが手で指し示した場合においても、的確にその指し示した方向を検出することができる。

(2) 本実施形態での検出装置10では、第1の所定部位は、顔領域内に位置する眼部領域の重心とした。こ

の結果、上記(1)の作用効果を実現することができる。

【0090】(3) 本実施形態での検出装置10では、第2の所定部位は、手領域の端点とした。この上記(1)の作用効果を実現することができる。

(4) 本実施形態の検出方法は、被験者Hの周囲において、等角度間隔に配置した位置(所定ポイント)から、ビデオカメラ11を使用して被験者Hを撮像し、撮像した画像データから、各撮像した位置における被験者Hの顔領域検出を行い、検出した顔領域に基づいて前記各位置における顔向き推定を行う顔向き推定を行うようにした。そして、顔向き推定した顔向きに基づいて、正面顔の絶対顔方向を検出し、検出した正面顔の絶対顔方向側に位置する3つのポイントからビデオカメラ11が撮像した画像データ中の顔領域に属する眼部領域の重心(第1の所定部位)及び手領域の端点(第2の所定部位)のそれぞれの3次元空間位置を算出し、算出した3次元空間位置に基づいてポインティング方向を推定するようにした。

【0091】この結果、上記(1)と同様の効果を奏することができる。

(5) 本実施形態の検出方法では、第1の所定部位は、顔領域内に位置する眼部領域の重心とした。この結果、上記(4)の作用効果を実現できる。

【0092】(6) 本実施形態の検出方法では、第2の所定部位は、手領域の端点とした。この結果、上記(4)の作用効果を実現できる。なお、本発明の実施形態は上記実施の形態に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で、適宜に変更して次のように実施することもできる。

【0093】(1) 前記実施形態では、撮像手段として8台のビデオカメラ11を使用した。台数は限定するものではなく、16台で行っても良い。又、それ以外の台数で行っても良い。

【0094】(2) 前記第2実施形態では、被験者Hは空間内を自由に動けるため、 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ の値は同じ対象物Tをポインティングしても一意には定まらず、方向推定精度を求めるような場合には有効ではないとした。しかし、方向推定精度を求めない場合には、S13で求めた眼部、及び指先の3次元空間位置をそれぞれ M_1 、 M_2 とすると、ポインティング方向はy軸と線分 M_1M_2 がなす角度 $\phi 1$ (図13参照)、及びx軸、y軸を含む平面と線分 M_1M_2 がなす角度 $\phi 2$ (図14参照)を求めた結果を利用しても良い。

【0095】(3) 第1実施形態において、顔領域の重心を求める代わりに、第2実施形態で説明した顔領域に属する眼部領域の重心を求めて実施しても良い。

(4) 第1実施形態において、手領域の重心位置を求める代わりに、第2実施形態で説明した手領域の端点位置を求めて実施しても良い。

(5) 第1実施形態において、手領域の重心位置を求める代わりに、第2実施形態で説明した手領域の端点位置を求めて実施しても良い。

17

【0096】(5) 第2実施形態では、眼部領域の重心を利き目の眼部領域の重心としたが、利き目ではない方の目の眼部領域の重心を採用してもよい。

(6) 上記第2実施形態や上記(5)に限らず、両眼部領域を含んだ重心を算出して、これを採用しても良い。例えば各眼部領域について、それぞれの重心を求め、求めた2つの重心に基づいて、両眼部領域を含んだ、すなわち、総合した領域の重心を算出することにより得られる。

【0097】(7) 第2実施形態では、手領域の重心位置から最も離間した点という所定の条件を付与して、これを指先位置として手領域の端点として抽出したが、これに限定するものではなく、他の部分を端点としても良い。例えば、手領域のうち、顔領域(例えば、顔領域の重心)から最も離間した点という所定の条件を付与して、これを手領域の端点としても良い。

【0098】

【発明の効果】以上詳述したように請求項1乃至請求項10に記載の発明によれば、空間のどの方向をポインティング(指さし)してもポインティングジェスチャを検出できる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態の全包围ポインティングジェスチャ検出装置の構成を示すブロック図。

【図2】 同じくフローチャート。

【図3】 判別分析に係るクラスを示した概念図。

【図4】 パターン認識の概念図。

*

18

*【図5】 ビデオカメラの光軸(カメラ方向)に対する相対顔方向となす角度 F_{th} との関係を示す説明図。

【図6】 各ビデオカメラ11に係るクラスjの相対角度を表した一覧表化した説明図。

【図7】 カメラ選択の説明図。

【図8】 ビデオカメラが撮影した画像データを示し、

(a)はカメラ3の画像データ、(b)はカメラ1の画像データの説明図。

【図9】 肌色基準で抽出した画像データを示し、(a)はカメラ3の画像データ、(b)はカメラ1の画像データの説明図。

【図10】 第2実施形態の同じくフローチャート。

【図11】 (a)は右カメラ画像で求められた目位置を示す説明図、(b)は中央カメラ画像上のエビポーラ線と目位置の対応点を示す説明図。

【図12】 (a)は左カメラ画像で求められた指先位置を示す説明図、(b)はエビポーラ線と肌色領域の端点を示す説明図。

【図13】 ポインティング方向の座標系を示す説明図。

【図14】 同じくポインティング方向の座標系を示す説明図。

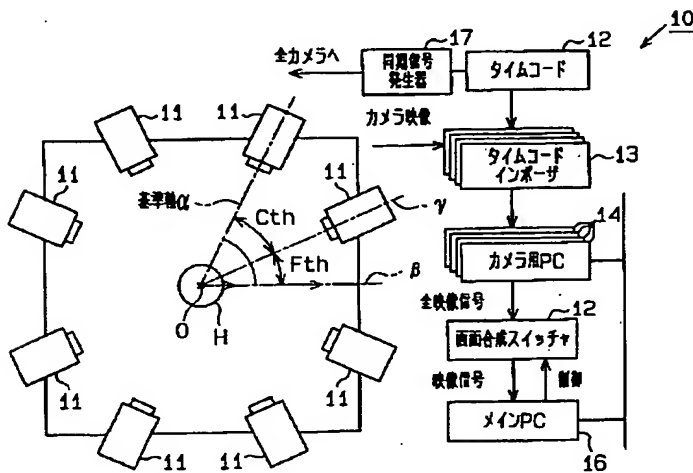
【符号の説明】

11…ビデオカメラ(撮像手段)、

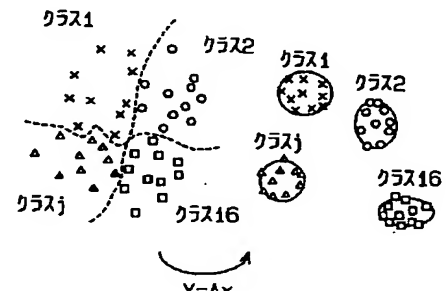
14…カメラ用パソコン(顔向き推定手段)

16…メインパソコン(正面顔検出手段、ポインティング方向推定手段)

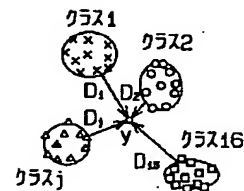
【図1】



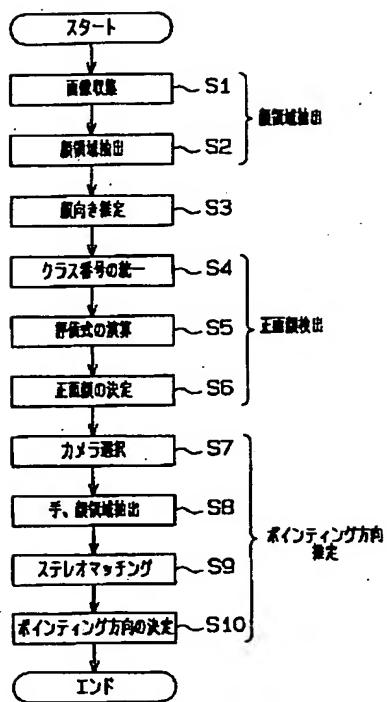
【図3】



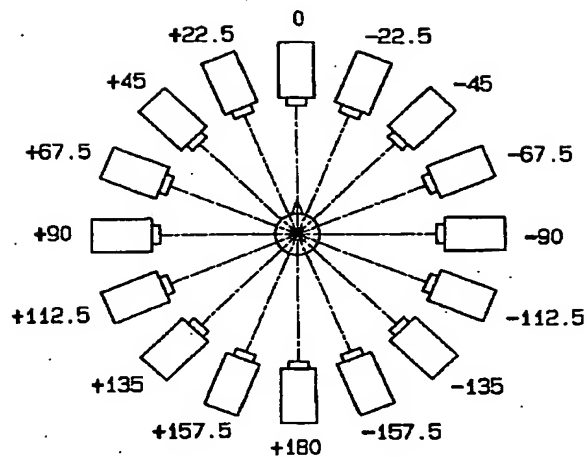
【図4】



【図2】



【図5】

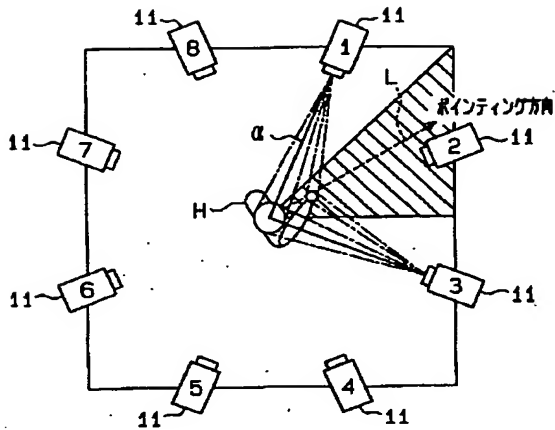


【図6】

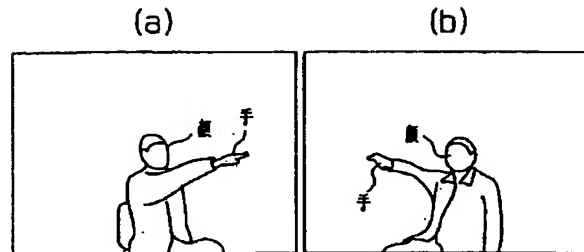
カメラ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
カメラ1	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	-157.5	-135
カメラ2	-45	-22.5	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180
カメラ3	-90	-67.5	-45	-22.5	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135
カメラ4	-135	-112.5	-90	-67.5	-45	-22.5	0	22.5	45	67.5	90
カメラ5	180	-157.5	-135	-112.5	-90	-67.5	-45	-22.5	0	22.5	45
カメラ6	135	157.5	180	-157.5	-135	-112.5	-90	-67.5	-45	-22.5	0
カメラ7	90	112.5	135	157.5	180	-157.5	-135	-112.5	-90	-67.5	-45
カメラ8	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	-157.5	-135	-112.5	-90

カメラ	12	13	14	15	16
カメラ12	-112.5	-90	-67.5	-45	-22.5
カメラ13	-157.5	-135	-112.5	-90	-67.5
カメラ14	157.5	180	-157.5	-135	-112.5
カメラ15	112.5	135	157.5	180	-157.5
カメラ16	67.5	90	112.5	135	157.5
カメラ17	22.5	45	67.5	90	112.5
カメラ18	-22.5	0	22.5	45	67.5
カメラ19	-67.5	-45	-22.5	0	22.5

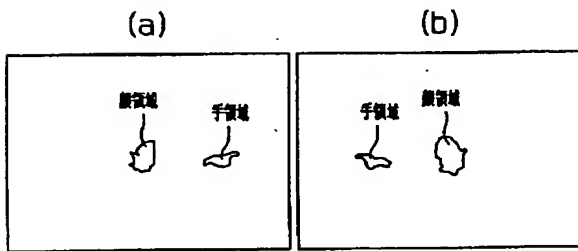
【図7】



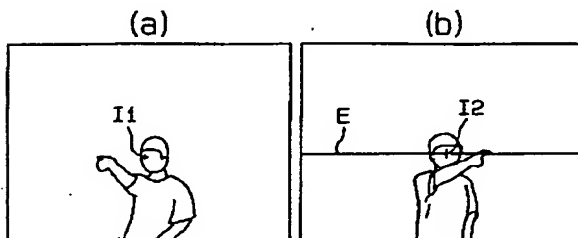
【図8】



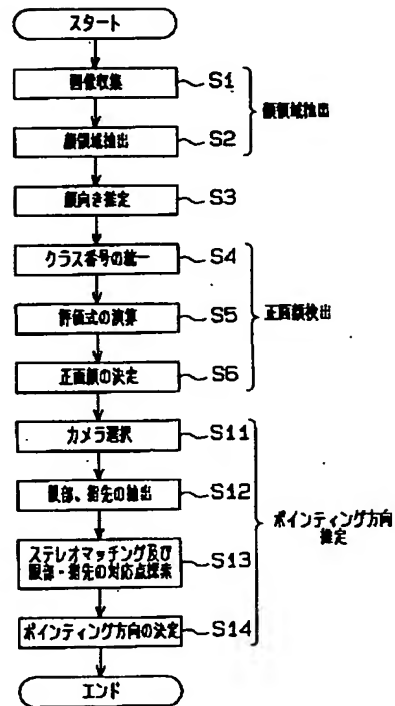
【図9】



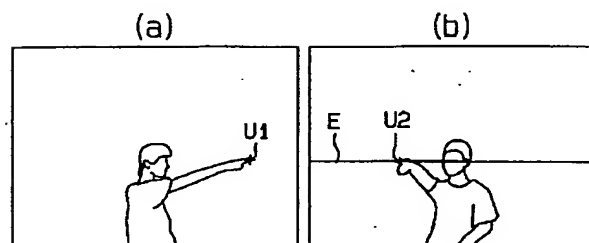
【図11】



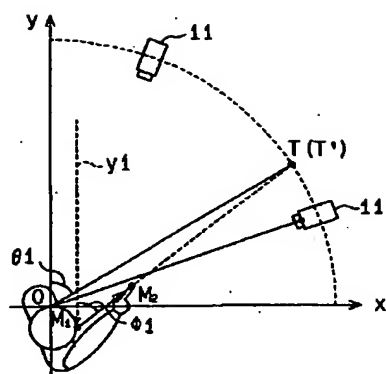
【図10】



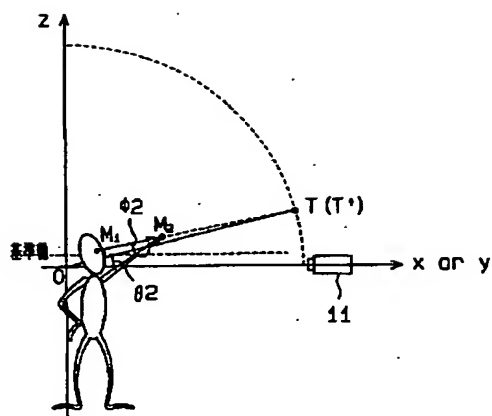
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(71)出願人 501087766
安本 護
岐阜県大垣市加賀野4丁目1番地の7 財
団法人 ソフトピアジャパン内

(71)出願人 501086286
山本 和彦
岐阜県岐阜市柳戸1番1 岐阜大学内

(72)発明者 渡辺 博己
岐阜県大垣市加賀野4丁目1番地の7 財
団法人 ソフトピアジャパン内

(72)発明者 本郷 仁志
岐阜県大垣市加賀野4丁目1番地の7 財
団法人 ソフトピアジャパン内

(72)発明者 安本 護
岐阜県大垣市加賀野4丁目1番地の7 財
団法人 ソフトピアジャパン内

(72)発明者 山本 和彦
岐阜県岐阜市柳戸1番1 岐阜大学 内

Fターム(参考) 5B068 BB18 BE08 CC17 EE01
5B087 AA07 BC05 BC12 BC13 BC26
BC32 DD03
5L096 CA05 EA35 FA67 HA13

THIS PAGE BLANK (USPTO)